

식물의 종류와 열매의 크기 및 성숙도가 조류의 먹이선택에 미치는 영향

김 현 우 · 조 삼 래 · 유 영 한*

공주대학교 자연과학대학 생명과학과

Effect of Degree of Ripeness and Size of Fruit on the Feeding Preference in Some Breeding Birds

Hyun-Woo Kim, Sam-Rae Cho and Young-Han You*

Department of Biology, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea

Abstract – In order to know the feeding preference over the degree of ripeness and size of fruits in birds, we gave them to three bird species in breeding condition, counted and analyzed the number of fruits by correspondence ordination technique. *Chrysolophus pictus* did not show a distinct preference in respect to degree of maturity or size of fruits of among three tree species. *Columba rupestris* preferred un-ripen fruits over ripen ones of *Prunus yedoensis* or *Elaeagnus multiflora*, but did not choose selectively in case of fruits of *Malus sieboldii*. *Pavo muticus* showed the reverse favorable pattern of *Columba rupestris*. Total feeding amounts eaten by birds were dependent on the initial feeding amounts of fruits. These results indicated that in feeding activity some birds chose differently in terms of species or maturity of fruits, but not in fruit size.

Key words : breeding bird, ripeness, size, fruit, feeding preference, correspondence ordination

서 론

조류는 색과 맛, 혹은 크기에 의한 차이로 열매를 선택적으로 섭식하거나 (Snow 1971; Howe and Estabrook 1977; Priya and Morton 1986; Marples *et al.* 1998) 저장한다 (Henty 1975). 색과 맛은 성숙 정도에 따라 차이가 나는데 (박과 김 2002), 조류는 일반적으로 영양가가 낮고 익지 않은 쓴 열매보다 영양가가 높고 익은 단 열매를 선호한다 (Thanos 1991; Schaefer *et al.* 2003; Schaefer 2006).

조류는 과일이 부족하면 보통 때와는 달리 먹이를 찾아 먼 거리로 이동하거나 (Leck 1972; Foster 1982; Moe-

genburg and Levey 2003), 섭취하는 먹이의 양을 줄이기 위해서 조류 자신의 몸무게를 줄여 대사량을 낮추고, 설은 열매를 평상시보다 더 많이 소비함으로써 에너지 요구량을 충족시킨다 (Foster 1977). 또한 새들은 시간과 에너지를 최소로 들여서 최대의 먹이를 찾기 위한 최적 채식 (optimal foraging)을 하게 된다 (김 등 2008).

조류는 열매를 먹고 과육을 소화시키지만 씨는 소화계를 그대로 통과하여 배설한다 (Krebs 1985). 이러한 과정을 통하여 새들은 식물 종자를 멀리 산포하여 식물이 새로운 지역으로 퍼져 정착할 수 있는 기회를 준다 (김 등 2008).

일반적으로 과일을 먹는 동물들은 작은 열매보다 큰 열매를 더 선호하여 섭식하거나, 저장한다 (Snow 1971; Henty 1975; Howe and Estabrook 1977; Whishaw *et al.*

*Corresponding author: Young-Han You, Tel. 041-850-8508, Fax. 041-850-8505, E-mail. youeco21@kongju.ac.kr

1989; Lucas *et al.* 1993; 이 2000).

국내에서 조류의 먹이 선택에 대한 연구는 곤줄박이 (*parus varius*), 되짚새 (*Turdus hortulorum*), 멧새 (*Emberiza cioides*), 바다직박구리 (*monticola solitarius*)의 먹이색깔과 맛에 대한 분석(박과 김 2002)과 들꿩 (*Bonasa bonasia*)의 겨울철 먹이에 대한 조사(임과 이 2000)가 있다.

본 연구는 식물의 열매 종류, 성숙도와 크기에 따라 조류의 섭식의 선호도가 어떻게 변하는지를 밝히기 위하여 양비둘기, 금계와 자바공작 조류 3종을 대상으로 왕벚나무, 딸보리수나무와 아그배나무의 열매를 먹이로 주어 실험하였다.

재료 및 방법

1. 실험 조류

실험에 사용된 조류는 닭목 꿩과 금계 (*Chrysolophus pictus*) 2개체, 비둘기목 비둘기과 양비둘기 (*Columba rupestris*) 2개체, 닭목 꿩과 자바공작 (*Pavo muticus*) 2개체이다. 섭식 실험은 위 3종의 조류가 함께 사육되는 사육장 (4m×3m×7m)에서 이루어졌다.

2. 조류의 먹이로 사용된 열매

조류의 먹이로 사용된 열매는 정원에서 흔히 발견되는 왕벚나무 (*Prunus yedoensis*), 딸보리수나무 (*Elaeagnus multiflora*)와 아그배나무 (*Malus sieboldii*)의 것이다. 왕벚나무는 4월 중순에 설은 열매를 채집하고, 5월에 익은 열매를 채집하였다. 딸보리수나무의 열매는 크기가 작은 집단 (1.20 ± 0.18 g)과 큰 집단 (2.71 ± 0.18 g)으로 구분하고 ($p > 0.05$), 설은 열매는 5월 중순에, 성숙한 열매는 6월 말에 각각 채집하였다. 아그배나무의 열매도 크기가

작은 집단 (0.86 ± 0.17 g)과 큰 집단 (0.95 ± 0.21 g)으로 구분하고 ($p > 0.05$), 설익은 열매는 9월 말에, 익은 열매는 10월 중순에 각각 채집하였다. 3종 모두 설익은 열매는 익은 열매를 채집할 때까지 4°C에서 냉장 보관하여 상태를 유지하였다.

3. 섭식 선호도 실험

조류에 따른 섭식 선호도 실험은 열매의 종류에 따라 3회 반복하여 실시하였다. 왕벚나무는 성숙도에 따라서, 딸보리수나무와 아그배나무는 크기와 성숙도를 조합하여 각각 사용하였다. 이러한 열매를 100개 선택하여 사육장 내의 먹이접시(직경 15 cm)에 주었다. 섭식 선호도는 먹이를 준 후 10분 동안 1분 단위로 조류가 먹은 열매의 개수를 기록하여 분석하였다.

4. 통계분석

1) 조류의 섭식 선호도

조류의 시간에 따른 열매의 섭식 선호도를 파악하기 위하여 시간에 따른 먹은 열매 갯수의 빈도를 이용하여 대응분석 (correspondence analysis)을 하였다(노 2008). 대응분석은 유클리드 거리를 평균 프로파일(매스)로 수정한 가중치를 부여한 거리 (χ^2 거리)를 산출하고, 행 프로파일로부터 각 행과 매스(평균)의 χ^2 거리의 제곱을 구하여 산출된 값을 1차원 혹은 2차원으로 배치하였다(노 2008).

2) 총 섭식량과 초기 선택량과의 관계

조류가 섭식하는 총 섭식량이 초기에 선택하는 섭식량과의 관계를 파악하기 위하여 Sperman의 rank correlation coefficient를 사용하였으며(노와 정 2002), 나머지 통계분석은 Statistica(Statsoft co. 2006)를 사용하였다.

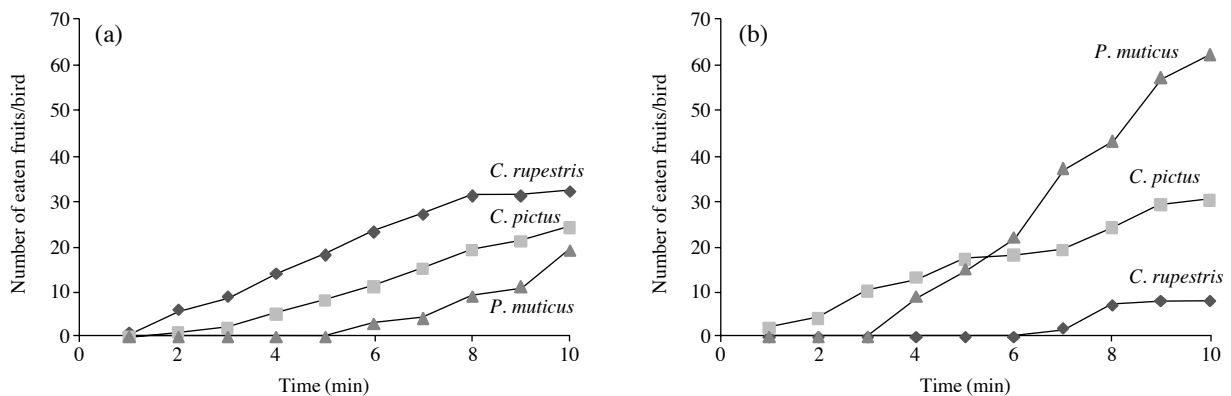


Fig. 1. Feeding frequency of fruits of *Prunus yedoensis* in three bird species with time lapse. Unripen fruit (a) and ripen fruit (b).

결 과

1. 조류의 섭식 선호도

왕벚나무 열매의 성숙도에 따른 새들의 섭식량을 조

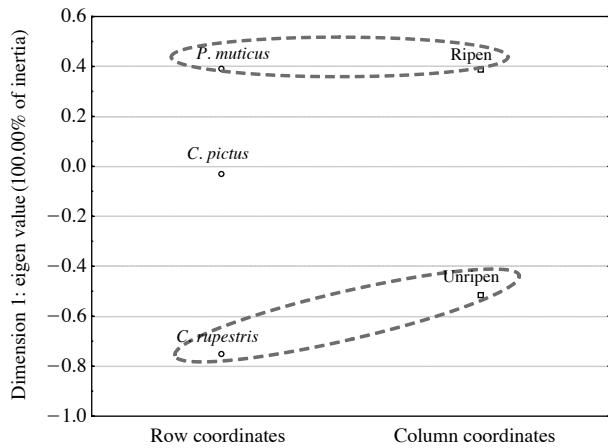


Fig. 2. One-dimension correspondence ordination of feeding preference by three birds with fruit ripeness of the *Prunus yedoensis*.

사한 결과는 다음과 같다. 금계는 설익은 열매를 24개 섭식하였고, 익은 열매는 30개 섭식하였다. 양비둘기의 경우 설익은 열매를 32개 섭식하였고, 익은 열매는 8개 섭식하였다. 자바공작의 경우 설익은 열매를 19개 섭식하였고, 익은 열매는 62개 섭식하였다(Fig. 1).

설익은 열매에 대해서 양비둘기는 섭식에 대한 반응 속도나 섭식량 면에서 타종에 비해 높았고, 익은 열매에 대해서 공작은 초기 3분은 주위를 경계하는 듯 섭식을 꺼렸으나 3분 이후 타종에 비해 빠른 반응 속도로 6분 이후부터 가장 많은 섭식량을 보였다(Fig. 1).

대응분석(correspondence analysis) 결과 왕벚나무 열매의 실험에서 금계는 설익은 열매와 익은 열매에 대해 일정한 선호도를 나타내지 않았고, 양비둘기는 설익은 열매에 대해 선호도가 높게 나타났으며, 자바공작은 익은 열매에 대해 선호도가 높게 나타났다(Fig. 2).

플보리수나무 열매의 크기와 성숙도에 따른 새들의 섭식량을 조사결과, 금계는 작은 열매 중 설익은 열매를 8개, 익은 열매를 31개 섭식하였고, 큰 열매 중 설익은 열매를 12개, 익은 열매를 15개 섭식하였다. 양비둘기는 작은 열매 중 설익은 열매를 40개, 익은 열매를 평균 12개 섭식하였고 큰 열매 중 설익은 열매를 평균 36개, 익

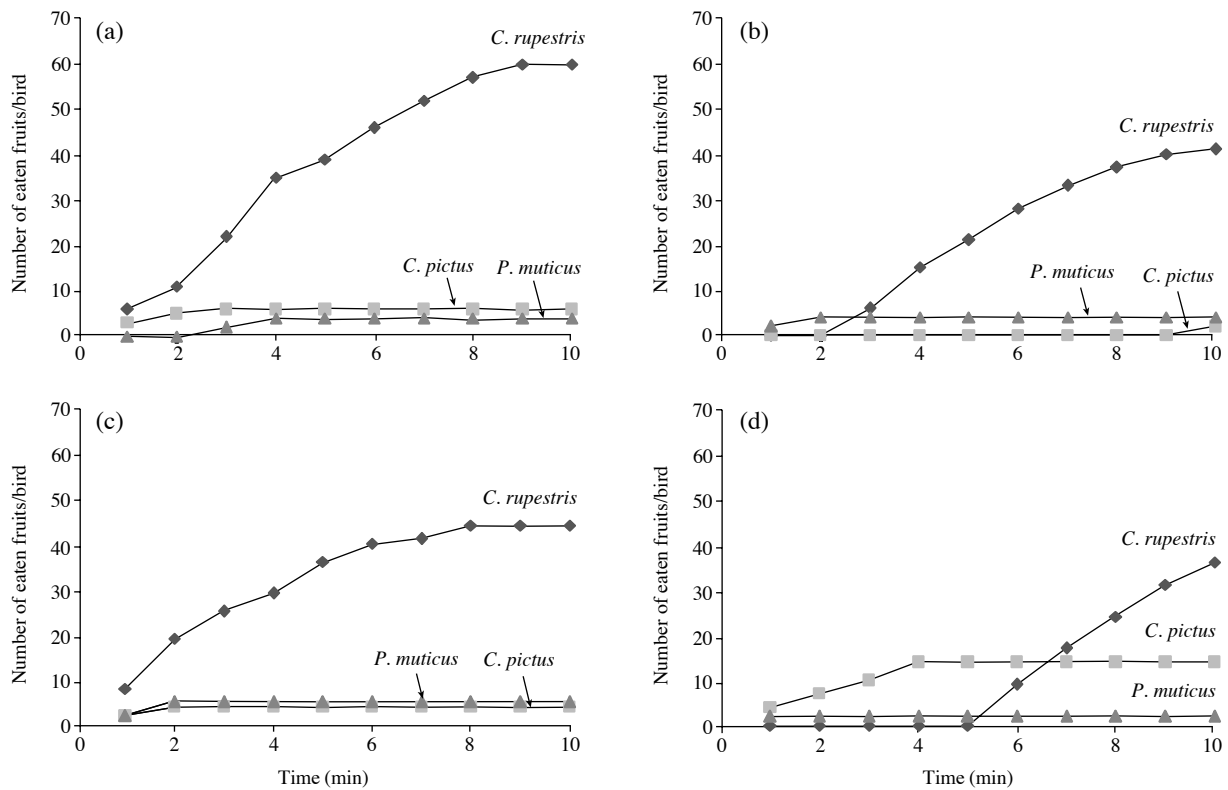


Fig. 3. Feeding frequency of fruits of *Elaeagnus multiflora* in three bird species with time lapse. Fruit states are small-unripen(a), small-ripen (b), large-unripen (c) and large-ripen (d), respectively.

은 열매를 12개 섭식하였다. 이 새는 작은 열매와 큰 열매간 섭식량에 큰 차이를 보이지 않았지만 ($p=0.619$), 큰 열매는 한 번에 삼키지 못하여 여러 번 쪼아서 먹고, 작은 열매에 주로 접근 하는 것이 관찰되었다. 이런 행동은 포식자가 먹이를 처리하는 시간에 대해 먹이에 대

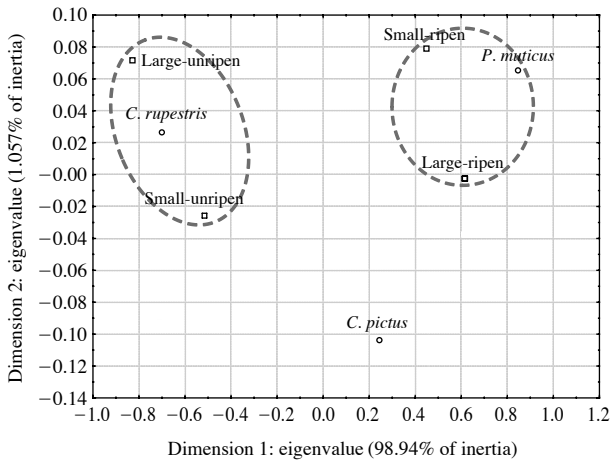


Fig. 4. Two dimension correspondence ordination by three birds with fruit ripeness and size states of *Elaeagnus multiflora*.

한 이익을 최대화(최적 먹이모델)하기 위한 것이라 판단된다(Krebs 1993). 또한 이들은 먹이 섭식 시 무리를 이루어 다님으로서 자신보다 몸집이 큰 금계나 자바 공작을 두려워하지 않고 먹이에 접근하는 것이 관찰되었다. 자바공작은 작은 열매 중 설익은 열매는 전혀 섭식하지 않았고, 익은 열매를 평균 41개 섭식하였으며, 큰 열매 중 설익은 열매는 전혀 섭식하지 않았고, 익은 열매를 23개 섭식하였다(Fig. 3).

설익은 열매에 대해서 양비둘기는 열매의 크기에 관계없이 섭식에 대한 반응 속도나 섭식량 면에서 타종에 비해 높았고, 공작은 열매의 크기에 관계없이 전혀 섭식하지 않았다. 익은 열매에 대해서 공작은 크기에 관계없이 타종에 비해 빠른 반응 속도로 가장 많이 섭식을 하는 것으로 나타났다(Fig. 3).

대응분석 결과 딸보리수나무 열매의 실험에서 금계는 일정한 선호도를 나타내지 않았고, 양비둘기는 열매의 크기에 관계없이 ($p=0.501$) 설익은 열매에 대해 선호도가 높게 나타났으며, 자바공작은 열매의 크기에 관계없이 ($p=0.102$) 익은 열매에 대해 선호도가 높게 나타났다(Fig. 4).

아그배나무 열매의 성숙도와 크기에 따른 새들의 섭

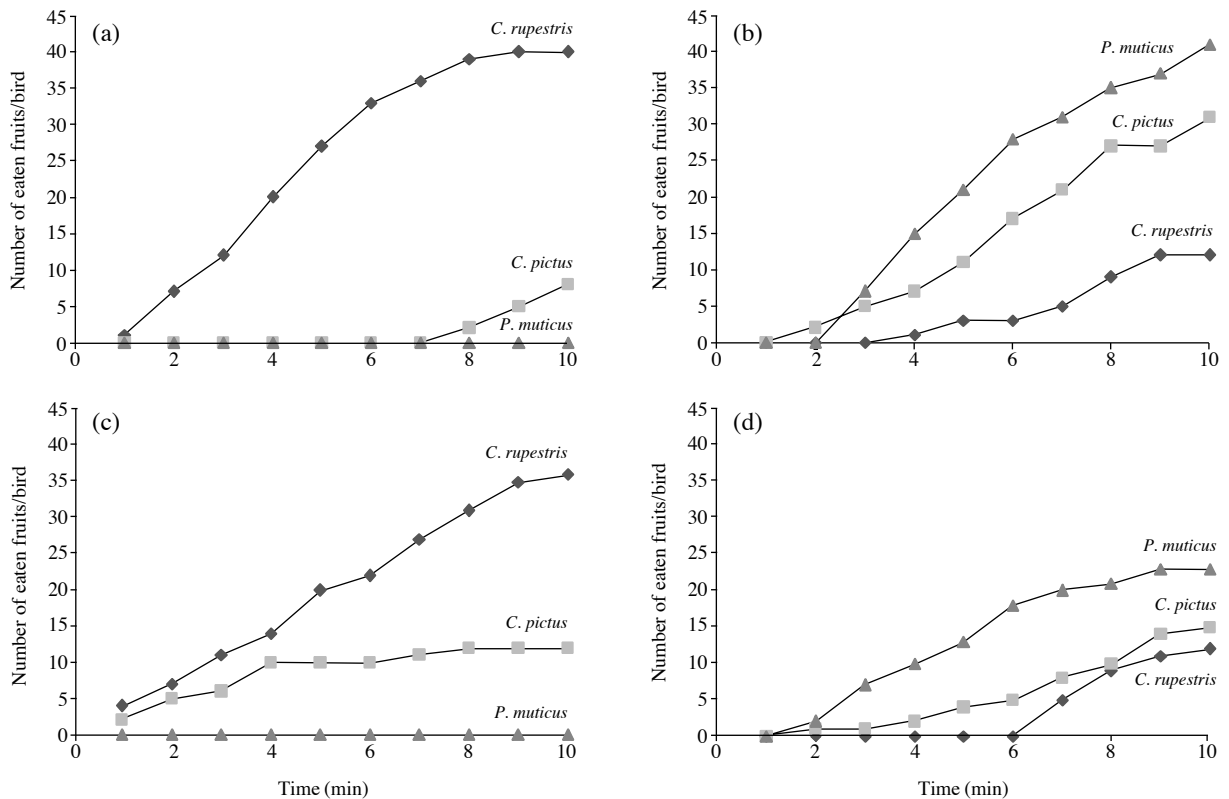


Fig. 5. Feeding frequency of fruits of *Malus sieboldii* in three bird species with time lapse. Fruit states are small-unripen (a), small-ripen (b), large-unripen (c) and large-ripen (d), respectively.

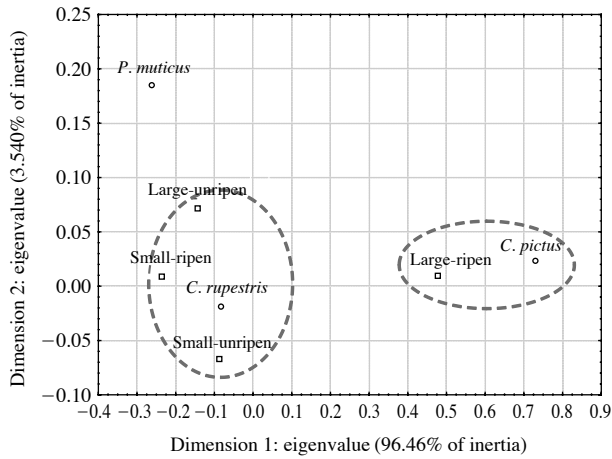


Fig. 6. Two dimension correspondence ordination by three birds with fruit ripeness and size states of *Malus sieboldii*.

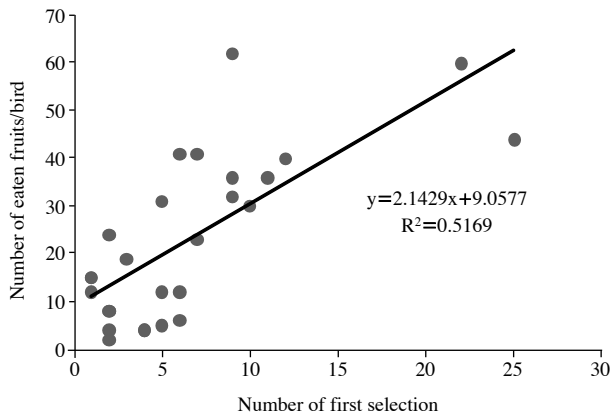


Fig. 7. Correlation between the initial amounts of selected fruits and total amounts of fruits eaten by experimental birds. $p < 0.01$.

식량을 조사한 결과는 다음과 같다. 금계는 작은 열매에서 설익은 열매를 6개, 익은 열매를 2개 섭식하였다. 큰 열매에서 설익은 열매를 4개, 익은 열매를 14개 섭식하였다. 양비둘기는 작은 열매에서 설익은 열매를 60개, 익은 열매를 41개 섭식하였다. 큰 열매에서 설익은 열매를 44개, 익은 열매를 36개 섭식하였다. 자바공작은 작은 열매에서 설익은 열매를 4개, 익은 열매를 4개 섭식하였다. 큰 열매에서 설익은 열매를 5개, 익은 열매를 2개 섭식하였다(Fig. 5).

아그배나무 열매에 대해 금계나 공작은 초기에 소량 섭식 이후 섭식하지 않았고, 양비둘기는 크고 익은 열매에서 실험 시작 5분까지 반응을 보이지 않았으나 6분부터 빠른 속도로 섭식하여 가장 많은 섭식을 보였고, 나머지 항목(작고 설익은, 작고 익은, 크고 설익은)에서도

가장 빠른 반응 속도와 섭식량을 보였다(Fig. 5).

대응분석 결과, 아그배나무 열매의 실험에서 금계는 크고 익은 열매의 선호도가 높은 것으로 나타났고, 양비둘기는 작고 설익은, 작고 익은, 크고 설익은 열매의 선호도가 높은 것으로 나타났으며, 자바공작은 일정한 선호도를 보이지 않았다(Fig. 6).

2. 초기 선택과 섭식량

초기 선택 후 3분 이내에 섭식하는 열매의 개수와 섭취량과의 관계를 알아본 결과 초기 선택한 열매는 섭식량과 관련이 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 분석결과 초기 선택이 많을수록 총섭취량이 많아지는 양의 상관관계를 보였다(Fig. 7). 이를 보아 3종 모두 초반에 섭식 빈도가 높은 열매를 주로 선호하는 것으로 판단된다. 이는 박과 김(2002)의 실험과 유사한 결과이다.

고 찰

조류의 섭식행동에서 열매의 성숙도에 따라 먹이 선호도에 차이가 있는 것은 열매의 성숙도가 먹이 선택에 중요한 역할을 하고 있음을 뜻한다. Malples *et al.* (1994)은 먹이선택에서 냄새나 맛보다는 색이 가장 효과적인 신호이며, 색과 맛이 함께 첨가된 경우 효과가 더 높다고 하였다. 열매의 성숙도는 익은 것과 설익은 것의 색과 맛의 차가 확연히 나기 때문에 성숙도에 의한 차이는 먹이선택에 있어 효과적인 신호라고 판단된다. 이는 다른 실험에서도 볼 수 있었으며(Thanos 1991; Schaefer *et al.* 2003; Schaefer and Schaefer 2006), 본 실험에서도 열매의 성숙도에 따른 선호도의 차이를 관찰할 수 있었다. 본 연구에서 왕벚나무와 뜰보리수나무의 실험 중 자바공작의 결과는 조류가 주로 익은 열매를 선호한다는 Schaefer and Schaefer (2006)의 실험과 유사한 결과이다. 하지만 양비둘기의 경우 Schaefer and Schaefer (2006)의 실험과 반대의 결과가 나왔는데 이는 양비둘기의 주먹이원이 밀, 옥수수, 조, 쌀, 들깨, 콩 등으로(Messent 1988; Perrins and Middleton 1995) 단단한 먹이임을 감안 할 때 설익은 열매가 익은 열매보다 단단하기 때문에 선호하는 것으로 판단된다. 또한 아그배나무 열매의 실험 결과를 보면, 전반적으로 양비둘기가 열매의 크기와 성숙도에 관계없이 선호하는 경향을 보였는데, 이는 왕벚나무나 뜰보리수나무의 열매에 비해 아그배나무의 열매가 익은 것과 설익은 것 모두 과육이 단단하기 때문인 것으로 판단된다.

조류 3종 모두 열매의 크기는 실험에 별 다른 영향을 주지 않는 것으로 나타났는데 이는 열매 과일 6종의 크기를 대상으로 한 Priya and Morton (1986)의 연구결과와 유사하였다.

아그배나무 열매의 실험에서 금계는 크고 익은 열매에 대해 어느 정도 선호하는 경향을 보여 주긴 하지만 뚜렷한 경향성을 나타내지는 않았다. 금계는 3회의 실험을 통해 열매의 종류, 성숙도와 크기가 섭식에 있어서 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 따라서 금계의 섭식 선호도를 밝히기 위해서는 더 많은 요인들과 장기적인 관찰시간을 고려한 연구가 필요하다고 사료된다.

적 요

조류가 식물 열매의 성숙도와 크기에 따라 어떻게 선택하는지를 알아보기 위하여 사육 중인 3종의 새에게 성숙도와 크기가 다른 식물 3종의 열매를 주어 그 먹는 양을 계수하고, 다변량통계로 분석하였다. 실험에 사용한 새는 금계 (*Chrysolophus pictus*, 꿩과), 양비둘기 (*Columba rupestris*, 비둘기과)와 자바공작 (*Pavo muticus*, 꿩과)이고, 열매는 왕벚나무 (*Prunus yedoensis*, 장미과), 뜰보리수나무 (*Elaeagnus multiflora*, 보리수나무과)와 아그배나무 (*Malus sieboldii*, 장미과)의 각각 3종류이다. 금계는 3종 열매에 관계없이 열매의 성숙도와 크기에 따른 뚜렷한 섭식 선호도를 보이지 않았다. 양비둘기는 왕벚나무와 뜰보리수나무는 열매의 크기에 관계없이 설익은 열매를 선호하기는 하나 아그배나무 열매는 크기나 성숙도에 따른 차이가 없었다. 공작은 왕벚나무와 뜰보리수나무 열매의 경우 크기에 관계없이 익은 열매를 선호하기는 하지만 아그배나무 열매에 대해서는 크기나 성숙도에 관계없이 거의 섭식하지 않았다. 새들 3종은 초기에 섭식 빈도가 높은 열매를 후기에도 많이 섭식하는 것으로 나타났다. 이상으로 볼 때 조류가 열매를 선택함에 있어서 열매의 종류에 따라 다르다는 것을 알 수 있었다. 그러나 열매의 크기에 따른 선호도는 차이가 없었다. 또한 조류가 먹이를 먹는 양은 초기 선택에 의해 결정된다고 판단된다.

참 고 문 헌

김준호, 서계홍, 정연숙, 이규송, 고성덕, 이점숙, 임병선, 문형태, 조강현, 이희선, 유영환, 민병미, 이창석, 이은주, 오경환. 2008. 현대생태학. (주)교문사. 434pp.

- 노형진, 정한열. 2002. STATISTICA에 의한 알기 쉬운 통계 분석. 형설출판사. 628pp.
- 노형진. 2008. 범주형 데이터의 주성분분석 SPSS 대응분석의 이론과 실제. 한울출판사. 217pp.
- 박현우, 김수일. 2002. 먹이의 색깔과 맛이 조류(鳥類)의 먹이선택에 미치는 영향. 한국조류학회지. 9:49-60.
- 이명복. 2000. 까치 (*Pica pica sericea*)의 먹이 저장 행동과 전략. 서울대학교 석사학위논문. 63pp.
- 임신재, 이우신. 2000. 들꿩 (*Bonasa bonasia*)의 겨울철 섭식에 관한 연구. 한국조류학회지. 7:77-81.
- Foster MS. 1977. Ecological and nutritional effects of food scarcity on a tropical frugivorous bird and its fruit source. *Ecology* 58:73-85.
- Foster RB. 1982. Famine on Barro Colorado Island. In: Leigh EG, AS Rand and DM Windsor. (eds). *The ecology of a tropical forest. Seasonal rhythms and long-term changes.* Smithsonian Institution Press, Washington. pp. 201-212.
- Henty CJ. 1975. Feeding and food-hiding responses of jackdaws and magpies. *British Birds* 68:463-466.
- Howe HF and GF Estabrook. 1977. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. *American Naturalist* 111:817-832.
- Krebs CJ. 1985. *Ecology.* New York: Harper & Row. 143pp.
- Krebs JR. 1993. *Introduction to behavioral ecology.* Blackwell Science. 72pp.
- Leck CF. 1972. Seasonal changes in feeding pressures of fruit and nectar-eating birds in Panama. *Condor* 74:54-60.
- Lucas JR, LJ Peterson and RL Boudinier. 1993. The effects of time constraints and changes in body mass and satiation on the simultaneous expression of caching and diet-choice decisions. *Animal Behaviour* 45:639-658.
- Marples NM, WV Veelen and PM Brakefield. 1994. The relative importance of colour, taste and smell in the protection of an aposematic insect *Coccinella septempunctata*. *Animal Behaviour* 48:967-974.
- Marples NM, TJ Roper and DGC Harper. 1998. Responses of wild birds to novel prey: evidence of dietary conservatism. *Oikos* 83:161-165.
- Messert R. 1995. *Encyclopaedia of animals.* Hardcover. 169pp.
- Moegenburg SM and DJ Levey. 2003. Do frugivores respond to fruit harvest? An experimental study of short-term responses. *Ecology* 84:2600-2612.
- Perrins CM and ALA Middleton. 1988. *Encyclopaedia of animals.* Hardcover. 158pp.
- Priya D and ES Morton. 1986. The relationship between fruit crop sized and fruit removal rates by birds. *Ecology* 67: 262-265.
- Schaefer HM, V Schmidt and H Winkler. 2003. Testing the defence trade-off hypothesis: how contents of nutrients and secondary compound affect fruit removal. *Oikos* 102:318-

- 328.
- Schaefer HM and V Schaefer. 2006. The fruits of selectivity: how birds forage on *Groupia glabra* fruits of different ripeness. *J. Ornithol.* 147:638-643.
- Snow D. 1971. Evolutionary aspects of fruiting-eating by birds. *J. Ornithol.* 113:194-202.
- Thanos CA. 1991. Aristotle and Theophrastus on plant-animal interactions. *Tasks for Vegetation Science* 31:3-14.
- Whishaw IQ, LO Nicholson and D Scott. 1989. Food-pellet size directs hoarding in a rats. *Bulletin of the Psychonomic Society* 27:57-59.

Manuscript Received: July 10, 2009
Revision Accepted: September 26, 2009
Responsible Editor: Do Pyo Lee